

57

**CATOPTRIC ELEMENT AND EXPOSURE DEVICE****Publication number:** JP2001013297 (A)**Publication date:** 2001-01-19**Inventor(s):** SUGIZAKI KATSUMI; MURAKAMI KATSUHIKO**Applicant(s):** NIPPON KOGAKU KK**Classification:**

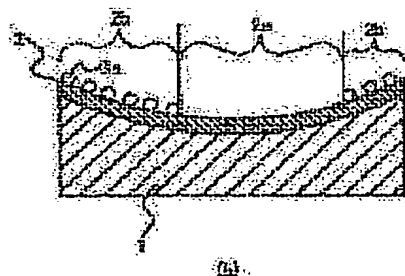
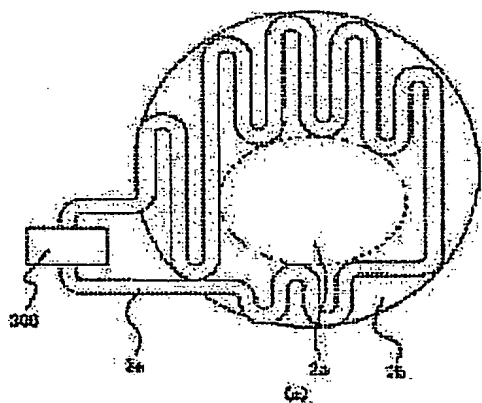
- international: G02B17/00; G02B5/08; G02B5/26; G02B7/182; G03F7/20; G21K1/06; H01L21/027;  
 G02B17/00; G02B5/08; G02B5/26; G02B7/182; G03F7/20; G21K1/00; H01L21/02;  
 (IPC1-7): G21K1/06; G02B5/08; G02B5/26; G02B7/182; G02B17/00

- European: G03F7/20T16

**Application number:** JP19990185696 19990630**Priority number(s):** JP19990185696 19990630**Abstract of JP 2001013297 (A)**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To extremely lessen deformation due to thermal fluctuation even when X rays or extreme ultraviolet rays are radiated and prevent the intensity of irradiation of X rays or extreme ultraviolet rays from attenuating by providing a cooling means in a multilayer reflecting mirror that reflects X rays or extreme ultraviolet rays.

**SOLUTION:** A catoptric element that reflects X rays or extreme ultraviolet rays is equipped with a substrate 1 where a reflection film can be formed over a larger area than a reflection region 2a, reflection films 2 which are deposited on the reflection region 2a and a domain 2b other than it on the substrate 1 and a cooling means 3 that is located on the reflection film 2 deposited on the domain 2b to cool the reflection film 2.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

M-1191

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-13297

(P2001-13297A)

(43)公開日 平成13年1月19日(2001.1.19)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト(参考)
G 2 1 K	1/06	G 2 1 K 1/06	B 2 H 0 4 2
G 0 2 B	5/08	G 0 2 B 5/08	F 2 H 0 4 3
	5/26	5/26	A 2 H 0 4 8
	7/182	17/00	2 H 0 8 7
			Z
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願平11-185696

(22)出願日 平成11年6月30日(1999.6.30)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 杉崎 克己

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72)発明者 村上 勝彦

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

Fターム(参考) 2H042 DA01 DA08 DA12 DA14 DA22

DB13 DD05 DD06 DD07 DE00

2H043 CB03 CE00

2H048 FA05 FA18 FA22 FA24

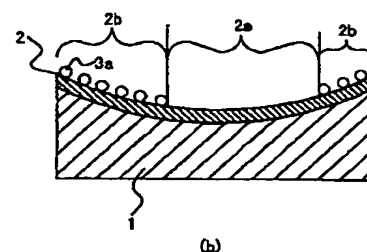
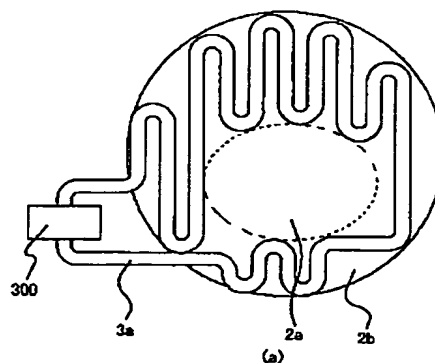
2H087 KA21 NA02 NA05 TA02 TA06

(54)【発明の名称】 反射光学素子および露光装置

## (57)【要約】

【課題】 本発明はX線や極紫外線を反射する多層膜反射鏡において、X線又は極紫外線の照射時でも熱変化による変形が非常に少なく、かつ冷却手段を設けたことによってX線や極紫外線の照射強度の減衰が生じないことを目的とする。

【解決手段】 本発明では、X線又は極紫外線を反射する反射光学素子において、反射領域2aより広い面積に渡って反射膜を形成することが出来る基板1と、基板1上に反射領域2aと反射領域以外2bとに成膜された反射膜2と、反射領域以外2bに成膜された反射膜2上に設けられ、反射膜2を冷却する冷却手段3aとを備えた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 X線又は極紫外線を反射する反射光学素子において、  
反射領域より広い面積に渡って反射膜を形成することが出来る基板と、  
前記基板上に反射領域と前記反射領域以外とに成膜された前記反射膜と、  
前記反射領域以外に成膜された前記反射膜上に設けられ、前記反射膜を冷却する冷却手段とを備えたことを特徴とする反射光学素子。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の反射光学素子において、前記基板と前記反射膜との間に、前記基板または前記反射膜よりも熱伝導率の高い物質から成る伝熱層が設けられていることを特徴とする反射光学素子。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の反射光学素子において、前記反射膜には、所定のパターンから成る前記反射膜が形成されていない開口部が形成されていることを特徴とする反射光学素子。

【請求項 4】 請求項 2 に記載の反射光学素子において、前記反射膜上には、所定のパターンから成る X線又は極紫外線を吸収する吸収体が形成されていることを特徴とする反射光学素子。

【請求項 5】 請求項 1 に記載の反射光学素子において、更に、前記反射光学素子の温度を計測するために、前記反射領域以外に形成された反射膜上に設けられた温度計測手段と、  
前記温度計測手段によって計測された温度が所定の範囲になるように前記冷却手段を制御する制御手段とを備えたことを特徴とした反射光学素子。

【請求項 6】 X線又は極紫外線を用い、複数の反射鏡によりマスクに形成されたパターンをウェハ上に転写する露光装置において、  
前記反射鏡は、反射領域より広い面積に渡って反射膜を形成することが出来る基板と、前記基板上に前記反射領域と前記反射領域以外とにわたって成膜された前記反射膜とからなり、更に前記反射領域以外に成膜された前記反射膜上に設けられ、前記反射膜を冷却する冷却手段と、

前記反射鏡の温度を計測する温度計測手段と、  
前記温度計測手段で得られた情報を元に冷却手段を制御する制御手段とを備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 7】 X線又は極紫外線を放射する光源と、少なくとも一枚以上の多層膜反射鏡からなり、ウェハ上に投影するパターンが形成され、マスクを照明する照明光学系と、少なくとも一枚以上の多層膜反射鏡からなり、前記マスクからの X線をウェハ上に投影する投影光学系とを有した露光装置において、  
前記投影光学系を形成する多層膜反射鏡のうち少なくとも一枚の多層膜反射鏡は、反射領域より広い面積に渡って反射膜を形成することが出来る基板と、前記基板上に

前記反射領域と前記反射領域以外とに成膜された反射膜とを有し、

更に、前記反射領域以外に成膜された反射膜上に設けられた冷却手段及び温度計測手段と、

前記温度計測手段からの情報に基づいて前記冷却手段を制御する制御手段を有したことを特徴とする露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、X線反射光学系に用いられる X線反射鏡、X線反射マスク又は X線反射光学系を用いて構成される露光装置に関する発明である。

## 【0002】

【従来の技術】近年、半導体集積回路素子の微細化に伴い、光の回折限界によって制限される光学系の解像力を向上させるために、従来の紫外線に代わってこれより波長の短い X線を使用した投影リソグラフィ技術が開発されている。この技術に使用される X線投影露光装置は、主として X線源、照明光学系、マスク、結像光学系、ウェファーステージ等により構成される。

【0003】ところで、X線の波長域では、透明な物質は存在せず、また物質表面での反射率も非常に低い。そのため、X線用の光学系に用いる反射鏡は、多層膜の各界面での反射光の位相を一致させて干渉効果によって高い反射率を得る多層膜反射鏡により構成されている。

【0004】しかし、このような多層膜反射鏡は、その X線反射率が 100%ではなく、また、反射されない X線は X線反射鏡に吸収されて熱となり、反射鏡を加熱してしまう。従って、強い X線を入射させると、その照射によって X線反射鏡が加熱され、X線反射鏡の形状が熱変形したり、X線反射鏡表面が熱によって変質するという問題が発生する。

【0005】そのため、熱による加熱を防ぐために、特開昭 63-312638 に開示によれば、X線反射鏡の裏側に冷却機構を設け、X線反射鏡を冷却する事が提案されている。また、更に X線反射鏡が備えられている空間を X線の透過率が比較的良好な水素やヘリウムガスで置換して冷却する方法も提案されている。一方、X線反射鏡では、非常に高精度に形状創成されることが要求されている。そのために基板の材料としては、高精度な加工が可能な石英等のガラス材料で製作されているが、これらの材料は一般に熱伝導率が悪い。

【0006】したがって、従来の裏面からの冷却では、石英のような熱伝導率の悪い材料では、裏面をいくら冷却しても、反射鏡内部に大きな温度勾配が形成され、裏面を冷却させても、表面の温度変化のレスポンスが悪い。そのため、X線反射鏡を効率よく冷却することは困難であった。その結果、冷却をしていたとしても X線照射により発生する熱が、X線反射鏡表面近傍に蓄積され、X線反

射鏡の熱変形、変質を引き起こし、光学性能を劣化させる一因となっていた。特に、反射鏡内部の大きな温度勾配は、反射鏡を歪ませる原因の一つになっていた。

【0007】また、X線反射鏡表面の反射面を水素やヘリウムガスによって冷却したとしても、十分に冷却する能力も無く、また水素やヘリウムガスをX線が伝搬することによりX線が減衰することも考えられる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】この様に、短い波長のX線や極紫外線を使用した投影リソグラフィ技術の実現に向けての工夫がなされてきているが、多層膜反射鏡の基板の裏面に冷却機構を設けた場合やガスによる冷却を行った場合でも、冷却効果が十分では無いためX線や極紫外線の照射により生ずる熱によって、反射鏡形状の熱変形や、反射鏡表面の熱変質による光学性能の劣化が問題となっていた。また、ガスによる吸収もX線や極紫外線を減衰させるため好ましくない。

【0009】そこで、本発明はX線や極紫外線を反射する多層膜反射鏡において、X線又は極紫外線の照射時でも熱変化による変形が非常に少なく、かつ冷却手段を設けたことによってX線や極紫外線の照射強度の減衰が生じないことを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明の第1の態様では、X線又は極紫外線を反射する反射光学素子において、反射領域より広い面積に渡って反射膜を形成することが出来る基板と、基板上に反射領域と反射領域以外とに成膜された反射膜と、反射領域以外に成膜された反射膜上に設けられ、反射膜を冷却する冷却手段とを備えた。

【0011】このように反射膜に冷却手段を備えることにより、反射鏡内部（特に基板）に大きな温度勾配が形成されずに、反射鏡自体を効率よく冷却することが可能となり、反射光学素子の熱変形を防ぐことができる。また、反射光学素子の照射領域以外に設けてあるので、光路にケラレが生じたり、ガスによる冷却を用いた場合に、生ずるX線又は極紫外線の減衰が発生したりすることは無い。

【0012】また更に本発明の第1の態様に対して、基板と反射膜との間に、基板又は反射膜よりも熱伝導率の高い物質から成る伝熱層が設けられていることとした。このように、更に、伝熱層を設けることで更に温度勾配を低減することができる上に、熱を反射光学素子の照射領域以外に効率良く逃がすことができ、効率よく冷却手段に熱を伝えることができる。

【0013】また、更に本発明の第1の態様に対して、反射膜には、所定のパターンから成る反射膜が形成されていない開口部が形成されていることとした。このようにすることで、熱による変形が起りにくい反射型マスクを形成することができる。また、開口部を設ける以外

にも反射膜上に所定のパターンから成り、X線や極紫外線を吸収する吸収体を形成することにより同様な反射型マスクを得ることができる。

【0014】また、本発明の第1の形態に対して、更に、反射光学素子の温度を計測するために、反射領域以外に形成され、反射膜上に設けられた温度計測手段と、温度計測手段によって計測された温度が所定の範囲になるように冷却手段を制御する制御手段とを備えた。このように温度をモニターしながら冷却手段の冷却能力を制御することで、熱の発生による反射光学素子の変形の他に、過冷却により基板が収縮することによって生じる反射光学素子の変形も防ぐことができる。

【0015】また、本発明の第2の形態によれば、少なくとも1枚に冷却手段が設けられた反射鏡を有し、X線又は極紫外線を用いて、マスクに形成されたパターンをウェハ上に転写する露光装置において、冷却手段が設けられた反射鏡は、反射領域より広い面積に渡って反射膜を形成することが出来る基板と、基板上に反射領域と反射領域以外とに成膜された反射膜とからなり、冷却手段は、反射領域以外に成膜された反射膜上に設けられている。そして、更に反射鏡の温度を計測する温度計測手段と、温度計測手段で得られた情報を元に冷却手段を制御する制御手段とを備えた。

【0016】このように温度を計測しながら冷却手段の冷却能力を制御することで、反射鏡の熱変化による変形を防ぐことができ、熱変化による生ずる光学系の収差の発生を防ぐことが出来る。その結果、露光装置の運転時間が長くなっても、結像性能が低下しない露光装置を提供することができる。また、本発明の第3の形態において、X線又は極紫外線を放射する光源と、少なくとも一枚以上の多層膜反射鏡からなり、ウェハ上に投影するパターンが形成されたマスクを照明する照明光学系と、少なくとも一枚以上の多層膜反射鏡からなり、マスクからのX線又は極紫外線をウェハ上に投影する投影光学系とを有した露光装置において、投影光学系を形成する多層膜反射鏡のうち少なくとも一枚の多層膜反射鏡には、反射領域より広い面積に渡って反射膜を形成することが出来る基板と、基板上に反射領域と反射領域以外とに成膜された反射膜とを有し、反射領域以外に成膜された反射膜上に温度計測手段とともに冷却手段を備え、更に温度計測手段からの情報に基づいて冷却手段を制御する制御手段を有した。

【0017】このように、多層膜反射鏡で構成された照明光学系と投影光学系を有する露光装置で、投影光学系を形成する多層膜反射鏡のうち少なくとも一枚に、冷却手段と温度計測手段とを備えることで、マスクパターンをウェハ上に結像するときその結像性能を大きく左右する投影光学系の多層膜反射鏡の熱変化による変形を防ぐことができ、光学特性の劣化を防ぐことができる。

【0018】次に、本発明について更に発明の実施の形

態を例示して説明することとする。しかし、本発明はこれに限られるものではない。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明に関する第1の実施の形態として、露光装置を挙げて説明する。この露光装置は図1に示した概略構成を有している。この露光装置の構成は以下の通りである。この露光装置は、露光用の照明光として軟X線領域の光(EUV光)を用いて、ステップ・アンド・スキャン方式により露光動作を行う投影露光装置である。なお、図1においては、マスク18の縮小像をウエハ10上に形成する投影系の光軸方向をZ方向とし、このZ方向と直交する紙面内方向をY方向とし、これらYZ方向と直交する紙面垂直方向をX方向とする。

【0020】この露光装置は、投影原版としての反射型マスク18を用い、反射型マスク18に描画された回路パターンの一部の像を投影系19を介して基板としてのウエハ10上に投影しつつ、マスク18とウエハ10とを投影系19に対して1次元方向(ここではY軸方向)に相対走査することによって、反射型マスク18の回路

【0021】ここで、露光用の照明光である軟X線(以下、EUV光)は、大気に対する透過率が低いため、EUV光が通過する光路は真空チャンバー1により覆われて外気より遮断されている。また、使用する光源としては、ターゲットをキセノンとしたレーザプラズマX線源を用いている。このレーザプラズマX線源は、真空チャンバー50bと窓50aからなる真空容器内に、励起光源であるレーザ光源90と集光光学系91以外の構成が設置されている。特にこのレーザプラズマX線源は、キセノンガスを放出するノズルからデブリが発生するため、真空チャンバー1とは別の真空容器に配置する必要がある。

【0022】まず、本第1の実施の形態における露光装置の照明系について説明する。レーザ光源90は、赤外域〜可視域の波長のレーザ光を供給する機能を有し、例えば半導体レーザ励起によるYAGレーザやエキシマレーザなどを使用する。このレーザ光は集光光学系91により集光されて、位置13に集光する。ノズル12はキセノンガスを位置13へ向けて噴出し、この噴出されたキセノンガスは位置13において高照度のレーザ光を受ける。このとき、噴出された物体がレーザ光のエネルギーで高温になり、プラズマ状態に励起され、低ポテンシャル状態へ遷移する際にEUV光を放出する。

【0023】この位置13の周囲には、集光光学系を構成する楕円鏡14が配置されており、この楕円鏡14は、その第1焦点が位置13とほぼ一致するように位置決めされている。楕円鏡14の内表面には、EUV光を

反射するための多層膜が設けられており、ここで反射されたEUV光は、真空容器の窓50aを通過して、楕円鏡14の第2焦点で一度集光した後、コリメート反射鏡としての放物面鏡15へ向かう。この放物面鏡15は、その焦点が楕円鏡14の第2焦点位置とほぼ一致するように位置決めされており、その内表面には、EUV光を反射するための交互多層膜が設けられている。

【0024】放物面鏡15から射出されるEUV光は、ほぼコリメートされた状態でオブティカルインテグレートとしての反射型フライアイ光学系16へ向かう。反射型フライアイ光学系16は、複数の反射面(複数のミラー要素)を集積してなる第1の反射素子群60aと、この第1の反射素子群60aの複数の反射面と対応した複数の反射面を有する第2の反射素子群60bとで構成されている。これら第1及び第2の反射素子群60a、60bを構成する複数の反射面上にもEUV光を反射させるための多層膜が設けられている。

【0025】放物面鏡15からのコリメートされたEUV光は、第1の反射素子群60aにより波面分割され、各々の反射面からのEUV光が集光されて複数の光源像が形成される。これら複数の光源像が形成される位置の近傍のそれぞれには、第2の反射素子群60bの複数の反射面が設置されており、これら第2の反射素子群60bの複数の反射面は、実質的にフィールドミラーの機能を果たす。このように、反射型フライアイ光学系16は、放物面鏡15からの略平行光束に基づいて、2次光源としての多数の光源像を形成する。尚、このような反射型フライアイ光学系16については、本願出願人による特願平10-47400号に提案されている。

【0026】さて、反射型フライアイ光学系16により形成された2次光源からのEUV光は、この2次光源位置の近傍が焦点位置となるように位置決めされたコンデンサミラー17へ向かい、このコンデンサミラー17にて反射集光された後に、光路折り曲げミラー17aを介して、反射型マスク18上に達する。これらコンデンサミラー17及び光路折り曲げミラー17aの表面には、EUV光を反射させる多層膜が設けられている。そして、コンデンサミラー17は、2次光源から発するEUV光を集光して、反射型マスク18上の所定の照明領域を重疊的に均一照明する。

【0027】なお、本実施形態では、反射型マスク18へ向かう照明光と、該反射型マスク18にて反射されて投影系19へ向かうEUV光との光路分離を空間的に行うために、照明系は非テレセントリック系であり、かつ投影系19もマスク側非テレセントリックな光学系としている。さて、反射型マスク18上には、EUV光を反射する多層膜からなる反射膜が設けられており、この反射膜は、感光性基板としてのウエハ10上へ転写すべきパターンの形状に応じたパターンとなっている。この反射型マスク18にて反射されて、反射型マスク18のバ

ターン情報を含むEUV光は、投影系19に入射する。

【0028】本第1の実施の形態の投影系19は、凹面形状の第1ミラー19a、凸面形状の第2ミラー19b、凸面形状の第3ミラー19c及び凹面形状の第4ミラー19dの計4つのミラー（反射鏡）から構成されている。各ミラー19a～19dは、基材上にEUV光を反射する多層膜を設けたものからなり、それぞれの光軸が共軸となるように配置されている。

【0029】ここで、各ミラー19a～19dにより形成される往復光路を遮断しないために、第1ミラー19a、第2ミラー19b及び第4ミラーには切り欠きが設けられている。なお、図1に示した点線部分が切り欠きを示している。また、第3ミラー19cの位置には、図示無き開口絞りが設けられている。反射型マスク18にて反射されたEUV光は、第1ミラー19a～第4ミラー19dにて順次反射されてウエハ10上の露光領域内に、所定の縮小倍率 $\beta$ （例えば $|\beta|=1/4, 1/5, 1/6$ ）のもとで反射型マスク18のパターンの縮小像を形成する。この投影系19は、像側（ウエハ10側）がテレセントリックとなるように構成されている。

【0030】なお、図1には不図示ではあるが、反射型マスク18は少なくともY方向に沿って移動可能なレチクルステージにより支持されており、ウエハ10はXYZ方向に沿って移動可能なウエハステージ（基板ステージ）により支持されている。露光動作の際には、照明系により反射型マスク18上の照明領域に対してEUV光を照射しつつ、投影系19に対して反射型マスク18及びウエハ10を、投影系の縮小倍率により定まる所定の速度比で移動させる。これにより、ウエハ10上の所定のショット領域内には、反射型マスク18のパターンが走査露光される。

【0031】ところで、本第1の実施の形態に用いられるミラー及び反射素子では、その有効域が必ずしも光軸を中心とせず、外形の一部となる。また、投影系19に使用されている反射鏡は図2に示すように反射領域以外にもX線反射膜2を形成している。ところで、この図2は、本露光装置に採用された投影系19の拡大図である。なお、図2においてX線が通過及び反射される領域は、点線100で囲まれた内側の部分である。

【0032】この図でわかるよう、本第1の実施の形態に使用されているミラーは、反射領域以外に形成されたX線反射膜2上に後述する冷却手段3を設けている。この冷却手段3の構成の詳細は後述する。そして、この冷却手段3に冷却水や冷却するためのエネルギーを供給する冷却手段駆動部30bを図1に示したように備えている。そして、それぞれの冷却手段3を駆動している。

【0033】なお、図2に示した例とは違い、十分な面積分、周辺部分が確保できない程度の基板面しかない基板を用いて、多層膜反射鏡が形成されている場合は、周辺部分を拡大するように、基板の周りに更に他の板材を

設けて反射膜2を成膜する。その際、X線光学系の光路に影響を及ぼさない所に板材を設ける。そして、その周辺部分に冷却手段を設置すれば良い。このようにすることで、X線反射領域の周辺にX線光学系の光路に影響がなくせることができる。

【0034】また、照明系を構成するミラーや反射素子にも冷却手段3を設けており、これらの冷却手段3に冷却水などの冷却用媒体やそのほかの冷却手段に冷却させるためのエネルギーを供給する冷却手段駆動部30aも備えている。次に、第1の実施の形態に用いられているミラーの代表例として、図3に示したX線反射鏡を基に、X線反射鏡の詳細な構成について図3を用いて説明する。図3は、本発明におけるX線反射鏡の概略構成図であり、その形状は、図1に示した露光装置のコンデンサミラー17と略同型状を有している。なお、図3

(a)は、このX線反射鏡の上面図を、図3(b)は断面図を示している。

【0035】ところで、本第1の実施の形態によるX線反射鏡は、X線反射領域2aと、X線反射領域の外側に周辺部分2bを有し、かつ基板1と、基板1に施され、X線領域において光学定数の異なる少なくとも2種類の物質で形成された交互多層膜からなる反射膜2と、冷却手段3である冷却媒体循環手段から構成されている。なお、反射膜2は、X線反射領域2aおよび周辺部分2bの両方に、継ぎ目無く連続的に成膜されている。

【0036】本第1の実施の形態によるX線反射鏡は、波長13nmのX線縮小露光の投影光学系に用いるもので、基板1の材質には石英を用いており、その反射面形状は高精度に加工されている。また、X線反射膜2は基板1に比べ、熱伝導率が高く、波長13nmのX線の反射率が高いモリブデンとシリコンの多層膜を使用している。X線反射膜2は、このモリブデンとシリコンの多層膜に限らず、基板1に比べて熱伝導率が高く、使用する波長に応じて高い反射率を示す物質の組み合わせによる多層膜でも構わない。なお波長が10～15nmにおいては、モリブデンの他に元素記号でルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)等の物質と、シリコン(Si)、ベリリウム(Be)4ホウ化炭素(B4C)等の物質とを組み合わせた多層膜でも良い。

【0037】ところで、本実施の形態の冷却手段3である冷却用媒体循環手段は、周辺部分2bにおけるX線反射膜2上に媒体を循環させるための配管を備えている。図3に示してあるように、X線反射鏡のX線反射領域2aを流らない様、周辺部分2bに配管されており、この配管内に冷却用媒体である冷却水を流すようになっている。

【0038】本第1の実施の形態によるX線反射鏡は、X線反射領域2a上のX線反射膜2でX線が反射されると同時に、反射されないX線はX線反射膜2に吸収され熱に変化する。発生した熱は、熱伝導率の高いX線反射

膜 2 中を伝達し、X 線反射領域 2 a から、周辺部分 2 b に伝搬してき、X 線反射膜 2 全体の温度を上昇させる。一方、周辺部分 2 b に設置された冷却手段 3 には、X 線反射膜 2 の周辺部分 2 b に設けられた冷却用配管に冷却水を送り出すポンプを有した温度調節機構 3 0 0 により温度を一定に保った冷却水を循環させている。そして、X 線の照射により、X 線反射膜 2 の温度がこの冷却水よりも高くなると、X 線反射膜 2 の熱は、配管 3 a を通して冷却水に吸収される。

【0039】なお、本発明における図 1 に示す冷却手段制御部 3 0 a、3 0 b と温度調節機構 3 0 0 との関係は、温度調節機構 3 0 0 は冷却手段制御部 3 0 a、3 0 b の一形態となる。ところで、この X 線反射膜 2 に用いられる高屈折率物質としては、モリブデンやルテニウム、ロジウムを使用している。これらの物質では X 線反射膜 2 は熱伝導率が高いため、X 線反射領域 2 a と周辺部分 2 b との間にできる温度勾配は小さい。また、冷却水の水量も、X 線照射によって発生する熱が十分吸収できる程度に循環させているので、X 線反射鏡の表面全体をほぼ冷却水と同じ温度に保つことができる。

【0040】なお、本第 1 の実施の形態では、冷却用媒体として水を用いているが、このほかにも油などの液体や、フロンなどのガスでも良い。次に、図 4 を用いて本発明の第 2 の実施の形態の露光装置について、説明する。本発明の第 2 の実施の形態の露光装置で、第 1 の実施の形態の露光装置と異なるところは、使用する X 線反射鏡が異なるだけである。したがって、ここでは X 線反射鏡の説明だけ行うこととする。

【0041】図 4 は、本発明による第 2 の実施の形態の露光装置に用いられる X 線反射鏡の概略構成図を示すものである。なお、図 4 (a) は X 線反射鏡の上面図を、図 4 (b) は断面図を示している。なお、図 4 に於いて、図 3 中の構成と同一または対応する構成には同一符号を付し、その重複する説明は省略する。本第 2 の実施の形態の X 線反射鏡が前述の第 1 の実施の形態の反射鏡と異なるところは、(1) 冷却手段 3 としてペルチェ素子 3 b を用いており、(2) X 線反射鏡の周辺部分 2 b には、冷却手段 3 としてのペルチェ素子 3 b だけではなく、温度計測手段として温度センサー 5 を設置している点にある。

【0042】また、更に本第 2 の実施の形態における X 線反射鏡は、このペルチェ素子 3 b の冷却能力を制御する冷却手段制御部 3 1 0 を備えている。この制御部 3 1 0 は、温度センサー 5 から得られる温度情報を基に、X 線反射鏡が常に一定の温度を維持できるように、ペルチェ素子 3 b へ供給する電流を制御している。なお、制御部 3 1 0 は、温度センサー 5 から得られる温度を信号として出力する温度センサー出力部 3 1 2 と、ペルチェ素子 3 b に電流を供給する電力供給部 3 1 1 と、温度センサー出力部 3 1 2 から得られる信号を基にペルチェ素子

3 b に供給する電流を算出し、電力供給部 3 1 1 を制御する制御部 3 1 3 からなる。

【0043】ところで、本第 2 の実施の形態における X 線反射鏡も、第 1 の実施の形態で説明した X 線反射鏡と同様に、X 線反射膜 2 としてモリブデンとシリコンの交互多層膜を用いている。そして、この交互多層膜は X 線反射領域 2 a と周辺部分 2 b の両方に継ぎ目無く連続的に成膜されている。そして、ペルチェ素子 3 b と温度センサー 5 は、X 線反射鏡の X 線反射領域 2 a を遮らない様に周辺部分 2 b に配置されている。また、温度センサー 5 は、X 線反射領域 2 a の近傍に配置されている。実際には図 4 に示すように X 線反射領域 2 a の一番近くに温度センサー 5 を備え、更にその周囲にペルチェ素子 3 b を備えている。このような配置で温度センサー 5 により X 線照射領域 2 a の温度を誤差無く計ろうとしている。なお、温度センサー 5 は、本第 2 の実施の形態ではサーミスタを用いている。

【0044】一方、ペルチェ素子 3 b は、電流を流すことで片面を冷却し、その熱を裏面に移動させることができる素子で、可動部がないため、ゴミや振動などが発生しない。露光装置の光学系では、ゴミや振動が生じると光学系の光学性能を低下させるので、このようにゴミや振動が発生しない冷却手段は、露光装置にとって適した手段である。また、ペルチェ素子 3 b は、その素子 3 b に流す電流の大きさによって冷却量を制御できるという特徴がある。

【0045】そのため、冷却手段制御部 3 1 0 では、温度センサー 5 から得られる情報を基に、ペルチェ素子 3 b に流す電流の大きさを決定し、ペルチェ素子 3 b の冷却量を制御している。このように、ペルチェ素子 3 b の冷却量を温度センサー 5 から得られる温度情報に基づいて、制御することで、X 線反射鏡は常に一定の温度で保つことができる。このようにして、本第 2 の実施の形態では、X 線反射鏡の加熱による変形を防ぐことができると同時に、過冷却による X 線反射鏡の変形も防ぐことができる。したがって、この本第 2 の実施の形態で説明した X 線反射鏡を用いた光学系では、どのような状態でも常に安定した光学特性が得られ、熱的变化による光学特性の変化を防ぐことができる。

【0046】なお、この温度センサー 5 は、X 線反射膜 2 の温度が測れるものであればなんでもよく、たとえば、熱電対などの他の温度センサーでも良い。また、温度センサー 5 の他の例としては、図 5 に示すような温度により抵抗値が変化する物質を用いたものでも良い。ところで、図 5 (a) は、その様な温度により抵抗値が変化する物質を X 線反射鏡の X 線反射領域 2 a 近傍に設けた例を図示している。なお、この図 5 (a) では、X 線反射鏡の極一部しか図示していないものである。

【0047】この図 5 (a) が示すように、X 線反射領域 2 a の近傍の一部にのみ、温度センサー 5 を設けてい

る。また、この図5に示した温度センサー5は、抵抗温度係数の大きい材料によって構成される抵抗膜51からなる温度センサーを用いている点にある。なお、冷却手段3は、温度センサー5が設けられているところから、更に外周に設けられているものとする。

【0048】ところで、図5(b)は、その断面構成図を示している。この図5(b)を見るとわかるように、図5に示された温度センサー5は、抵抗膜51、絶縁膜6から構成されている。抵抗膜51は、抵抗温度係数の比較的安定している白金(Pt)でできており、絶縁膜6によってX線多層膜2と電気的に絶縁されている。この抵抗膜51は、温度の変化によって電気抵抗が変化するので、この抵抗膜51に電圧を掛け、流れる電流によって抵抗値を計測、抵抗値を温度に換算することで温度が計測できる。このような温度センサー5は、X線反射鏡製作に用いるプロセスである成膜方法により、絶縁膜6を形成する物質や抵抗膜51を形成する物質をパターンニングしながら成膜することで、X線反射鏡の表面に作り込むことができるという特徴がある。なお、同様な製法を用いて熱電対のような異種の金属が接合するように成膜させることでも構わない。

【0049】なお、抵抗膜51には白金を用いているが、他にもニッケル(Ni)、銅(Cu)、インジウム(In)等の純金属や、白金-ロジウム、ロジウム-鉄、白金-コバルト等の合金でも良い。なお、このように温度センサー5を用い、冷却手段3の冷却量を制御して用いるX線反射鏡を、図1に示す露光装置に用いられるX線反射鏡に全て置き換えても良い。その場合、冷却手段駆動部30a、30bの代わりに、図4に示す冷却手段制御部310をそれぞれのX線反射鏡に備えることが好ましい。また、それぞれにこのような冷却手段制御部310を備えなくとも、集中して管理するCPUを備え、そこでそれぞれのX線反射鏡の冷却量を制御することでも構わない。

【0050】なお、場合によっては、収差の影響に大きな影響を与える投影系9に採用されるX線反射鏡について、温度センサー5を有して冷却手段3の冷却量を制御する機構を持たせたX線反射鏡を採用すれば、熱変化が大きく発生することが無くなるので、温度変化によるX線反射鏡の形状変化が少なくなり、安定した結像性能が得られる露光装置を得ることができる。

【0051】次に、本発明に係る第3の実施の形態である露光装置について、説明するものとする。本発明の第3の実施の形態の露光装置で、第1の実施の形態の露光装置と異なるところは、使用する反射型マスクが異なるだけである。したがって、ここでは反射型マスクの説明だけ行うこととする。図6は、図1に示した露光装置に用いられる反射型マスク18の概略構成図を示すものがある。なお、図6(a)は反射型マスク18の上面図を、図6(b)はその断面図を示している。なお、図6に於

いて、図4中の構成と同一または対応する構成には同一符号を付し、その重複する説明は省略する。

【0052】ところで、この反射型マスク18は、ウェハ10上に焼き付ける回路パターンに対応して、反射膜2と開口部9が形成されたものである。更にこの反射型マスクには、反射鏡基板1上には、X線反射領域2aおよび周辺部分2bに問わず伝熱層8が形成されている。そして、周辺部分2bには、この伝熱層8上にペルチェ素子3bが設けられ、また、X線反射領域2aの近傍の周辺部分2bには、反射型マスク18の温度を計測する温度センサー5が備えられている。

【0053】一方、X線反射領域2aには、伝熱層8上の所定の位置にX線反射膜2が成膜されている。なお、X線反射膜2が形成されている位置は、ウェハ10上にパターンニングする回路パターンに応じて決められる。このような構成を有して、伝熱層8を伝搬してきた熱をペルチェ素子3bで吸収し、X線を反射する反射型マスク18を冷却するよう構成されている。このように、X線反射膜2をX線反射領域2a及び周辺部分2bに連続して成膜できないような反射部材でも、冷却することが可能となる。

【0054】ところで、本第3の実施の形態で用いられる反射型マスク18は、伝熱層8を金で形成している。なお、この金という物質はX線を吸収し、なおかつ高い伝熱特性を有するものである。従って、この反射マスク18では、X線反射領域2a中にあるX線反射膜2においてはX線が反射し、X線反射膜2の開口部9ではX線が吸収されるため、これら2つの領域でコントラストが形成され、X線投影露光によって、ウェハ上10に反射型マスク18のパターンを転写することができる。

【0055】なお、伝熱層8を形成する物質としては他にも銅や銀等の熱伝導率の高い物質でも良い。このような反射型マスク18では、X線反射膜2が形成されている部分では反射されなかったX線が吸収され、開口部9では伝熱層8がむき出しの状態になっているので、ほとんどのX線が伝熱層8によって吸収される。この吸収されたX線は、それぞれ熱に変化する。なお、発生する熱量は吸収されるX線の量によって決まるので、上述の様な反射型マスク18では、伝熱層8の方が単位面積あたりの発生熱量は多くなる。

【0056】このようにして発生した熱は、X線反射膜2よりも熱伝導率の高い伝熱層8を伝搬し、周辺部分2bに広がっていく。そして、伝熱層8を通して伝搬してきた熱を温度センサー5で計測し、温度センサー5で計測された温度を基に、ペルチェ素子4の冷却量を制御することで、X線反射鏡の温度を一定に保つことができる。また、伝熱層で発生した熱だけでなく、X線反射膜2によって発生した熱も、熱伝導率が高い伝熱層8を伝搬して行くので、伝熱層を冷却することで、効率よく全体を冷却することができる。なお、この実施の形態で使



用される制御部は、本発明の第 2 の実施の形態で用いられた冷却手段制御部と同じものを用いている。

【0057】このように、本発明の第 3 の実施の形態における露光装置では、反射型マスク 18 への露光時間が長くなっても、反射型マスク 18 が変形することを防ぐことができ、正確なパターンをウェハー 10 上に転写することが可能な露光装置が得られる。ところで、本発明に係る反射型マスクは、これだけに限られず、伝熱層 8 を有さなくとも良い。その例を図 7 に示して説明する。この図 7 に示す反射型マスクは、図 6 に示す反射型マスクと異なる点は、X 線反射鏡の X 線反射膜 2 が X 線反射領域 2 a 及び周辺部分 2 b の両方に連続的に成膜されており、そして、X 線反射膜 2 上に、所定のパターンから成る X 線吸収体 11 が形成されている。そして、冷却手段であるベルチェ素子 3 b が、周辺部分 2 b に成膜された X 線反射膜 2 に接触しており、X 線反射膜 2 を伝搬してきた熱を吸収して、X 線反射鏡を冷却するよう構成されている。なお、更に X 線反射領域 2 a の近傍の周辺部分 2 b には、温度センサー 5 が配置されている。

【0058】ところで、この反射型マスク 18 の X 線吸収体 11 は、金で形成されており、X 線を吸収する特性を有するものである。従って、図 7 に示した反射型マスク 18 では、X 線反射領域 2 a 中に形成され、X 線反射膜 2 が露出している部分で X 線を反射し、X 線反射膜 2 上に形成された X 線吸収体 11 では X 線が吸収されるため、これら 2 つの領域でコントラストが形成される。したがって、この反射型マスク 18 を用いて、X 線投影露光によって、ウェハ上に反射型マスクに形成されたパターンを転写することができる。そして、X 線吸収体 11 としては金の他に銅や銀等でも良い。

【0059】以上のとおり、本発明の各実施の形態における露光装置では、X 線が照射されることにより発生する熱によって、X 線反射鏡や反射型マスクが変形し、光学系の光学特性が変化してしまうことを防ぐことができる。更に、今までは X 線光学系の光学特性が変化してしまうと、それを補正するために装置を止めて、装置の光学系の調整を行ったり、放熱を待って露光を再開するようなことが考えられていたが、本発明を採用することによりその必要がなくなり、スループットが向上する。

【0060】なお、本発明は上述した各実施の形態に用いられる反射部材だけに限られない。例えば、X 線反射鏡においても、X 線反射領域 2 a 及び周辺部分 2 b の両方に連続的に伝熱層を設けても良い。この場合、X 線反射膜 2 と基板 1 との間に伝熱層を設けることが好ましい。また、冷却手段 3 についても、冷却用配管を通過する冷却水による冷却やベルチェ素子 3 b による冷却以外にも、冷却又は過冷却された物質を X 線反射鏡の周辺部分 2 b に吹き付けて、X 線の反射部材を反射した X 線の光路にその物質が行かないように回収機構を設けたものでも良い。このように冷却する媒体が X 線の光路に行か

なければ、X 線の反射部材を冷却しながらでも、X 線の強度を低下させずに済む。

【0061】

【発明の効果】以上の通り、本発明による X 線反射鏡を用いれば、周辺部分に設置された冷却手段によって、X 線照射による熱を効率よく冷却することができる。また、X 線反射膜の表面に設置される冷却手段は、その周辺部分に設置されているので、光路にケラレがなく、かつ効率よく照射により発生する熱を冷却でき、良好な光学性能が発揮できる X 線反射光学素子が得られる。

【0062】また、冷却量を制御することで、X 線が照射されることによって起こる温度変化や冷却手段の冷却量が大きすぎて起こる温度変化により X 線反射鏡が変形することが無いので、どのような条件下でも光学特性を維持しながら運転できる露光装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】：本発明の第 1 の実施の形態を示す露光装置の概略構成図である。

【図 2】：本発明の第 1 の実施の形態である露光装置に用いられた投影系 19 の概略構成図である。

【図 3】：本発明の第 1 の実施の形態である露光装置に用いられた X 線反射鏡の概略構成図である。

【図 4】：本発明の第 2 の実施の形態である露光装置に用いられた X 線反射鏡の概略構成図である。

【図 5】：本発明の第 2 の実施の形態である露光装置に用いられた X 線反射鏡の変形例を示した図である。

【図 6】：本発明の第 3 の実施の形態である露光装置に用いられた反射型マスクの概略構成図である。

【図 7】：本発明の第 3 の実施の形態である露光装置に用いられた反射型マスクの変形例を示した図である

【符号の説明】

- 1・・・基板
- 2・・・X 線反射膜
- 2 a・・・X 線反射領域
- 2 b・・・周辺部分
- 3・・・冷却手段
- 3 b・・・ベルチェ素子
- 5・・・温度センサー
- 51・・・抵抗膜
- 6・・・絶縁膜
- 8・・・伝熱層
- 9・・・開口部
- 10・・・ウェハー
- 11・・・X 線吸収体
- 12・・・ノズル
- 14・・・楕円鏡
- 15・・・放物面鏡
- 16・・・反射型フライアイ光学系
- 60 a・・・第 1 の反射素子群
- 60 b・・・第 2 の反射素子群

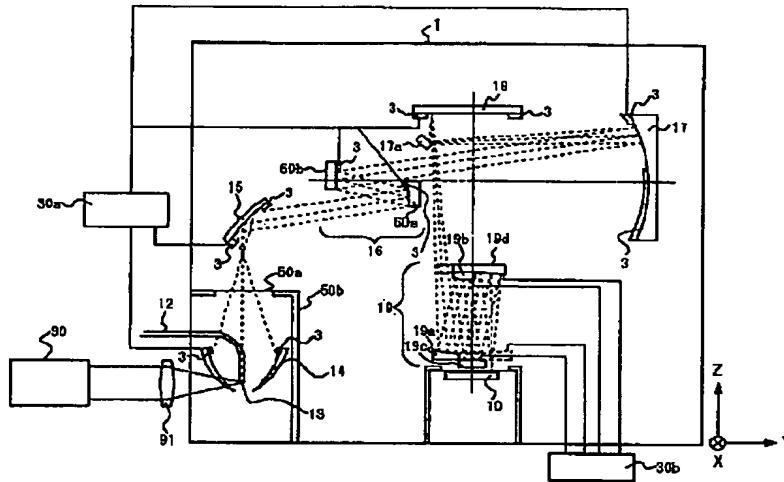
15

16

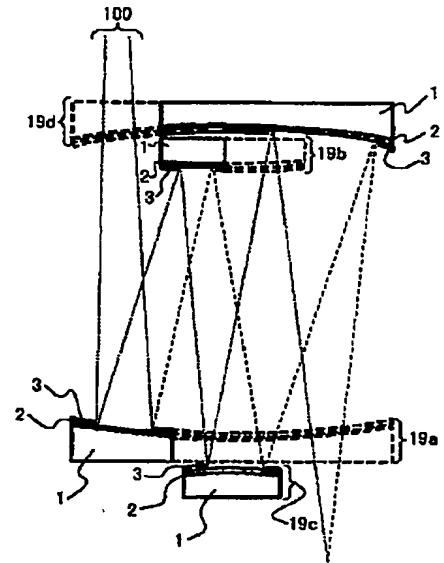
17・・・コンデンサミラー  
 18・・・反射型マスク  
 19・・・投影系  
 30、30a・・・冷却手段駆動部  
 300・・・温度調節機構  
 310・・・冷却手段制御部  
 311・・・電力供給部

312・・・温度センサー出力部  
 313・・・制御部  
 50b・・・真空チャンバー  
 50a・・・真空チャンバーの窓  
 90・・・レーザ光源  
 91・・・集光光学系

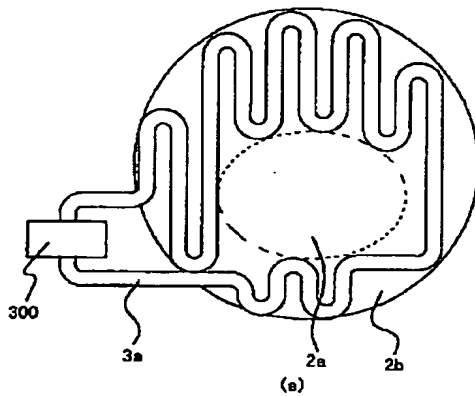
【図1】



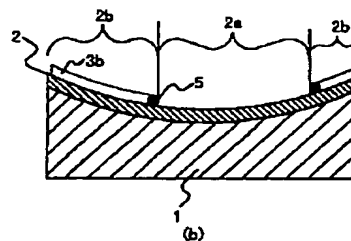
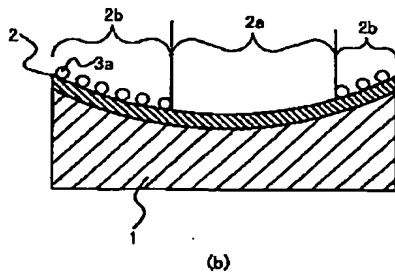
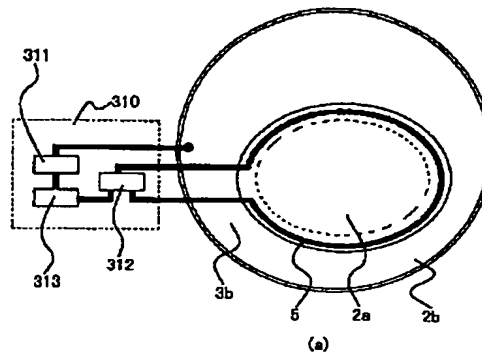
【図2】



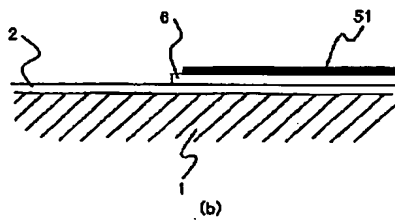
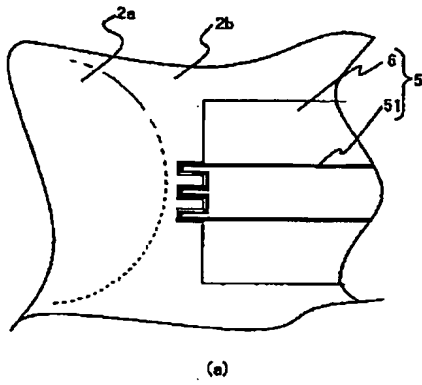
【図3】



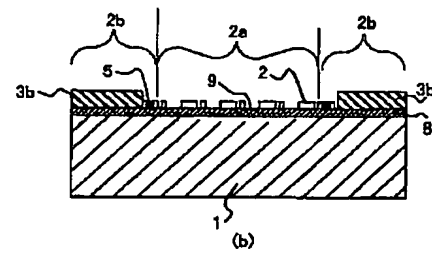
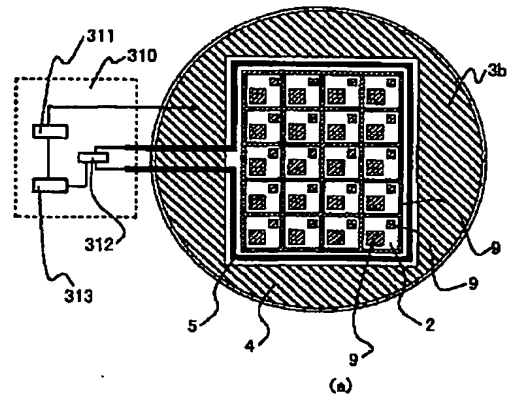
【図4】



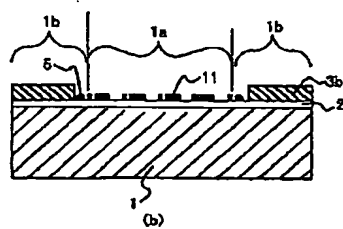
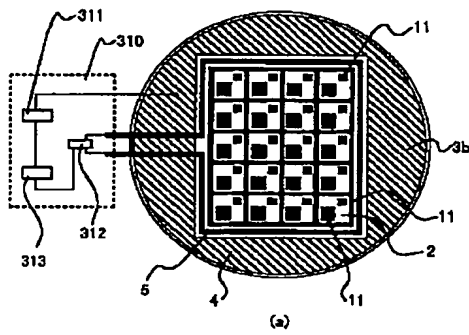
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 17/00

識別記号

F I

G 0 2 B 7/18

テーマコード(参考)

Z

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第1区分

【発行日】平成18年3月30日(2006.3.30)

【公開番号】特開2001-13297(P2001-13297A)

【公開日】平成13年1月19日(2001.1.19)

【出願番号】特願平11-185696

【国際特許分類】

G 2 1 K 1/06 (2006.01)

G 0 2 B 5/08 (2006.01)

G 0 2 B 5/26 (2006.01)

G 0 2 B 17/00 (2006.01)

G 0 2 B 7/182 (2006.01)

【F I】

G 2 1 K 1/06 B

G 0 2 B 5/08 F

G 0 2 B 5/08 A

G 0 2 B 5/26

G 0 2 B 17/00 Z

G 0 2 B 7/18 Z

【手続補正書】

【提出日】平成18年2月10日(2006.2.10)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 X線又は極紫外線を反射する反射光学素子において、  
反射領域より広い面積に渡って反射膜を形成することが出来る基板と、  
前記基板上に反射領域と前記反射領域以外とに成膜された前記反射膜と、  
前記反射領域以外に成膜された前記反射膜上に設けられ、前記反射膜を冷却する冷却手段とを備えたことを特徴とする反射光学素子。

【請求項2】 請求項1に記載の反射光学素子において、前記基板と前記反射膜との間に、前記基板または前記反射膜よりも熱伝導率の高い物質から成る伝熱層が設けられていることを特徴とする反射光学素子。

【請求項3】 請求項2に記載の反射光学素子において、前記反射膜には、所定のパターンから成る前記反射膜が形成されていない開口部が形成されていることを特徴とする反射光学素子。

【請求項4】 請求項2に記載の反射光学素子において、前記反射膜上には、所定のパターンから成るX線又は極紫外線を吸収する吸収体が形成されていることを特徴とする反射光学素子。

【請求項5】 請求項1に記載の反射光学素子において、更に、前記反射光学素子の温度を計測するために、前記反射領域以外に形成された反射膜上に設けられた温度計測手段と、

前記温度計測手段によって計測された温度が所定の範囲になるように前記冷却手段を制御する制御手段とを備えたことを特徴とした反射光学素子。

【請求項6】 X線又は極紫外線を用い、複数の反射鏡によりマスクに形成されたパターンをウェハー上に転写する露光装置において、

前記反射鏡は、反射領域より広い面積に渡って反射膜を形成することが出来る基板と、前記基板上に前記反射領域と前記反射領域以外とにわたって成膜された前記反射膜とからなり、更に前記反射領域以外に成膜された前記反射膜上に設けられ、前記反射膜を冷却する冷却手段と、

前記反射鏡の温度を計測する温度計測手段と、

前記温度計測手段で得られた情報を元に冷却手段を制御する制御手段とを備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 7】 X線又は極紫外線を放射する光源と、少なくとも一枚以上の多層膜反射鏡からなり、ウェハー上に投影するパターンが形成され、マスクを照明する照明光学系と、少なくとも一枚以上の多層膜反射鏡からなり、前記マスクからのX線をウェハー上に投影する投影光学系とを有した露光装置において、

前記投影光学系を形成する多層膜反射鏡のうち少なくとも一枚の多層膜反射鏡は、反射領域より広い面積に渡って反射膜を形成することが出来る基板と、前記基板上に前記反射領域と前記反射領域以外とに成膜された反射膜とを有し、

更に、前記反射領域以外に成膜された反射膜上に設けられた冷却手段及び温度計測手段と、

前記温度計測手段からの情報に基づいて前記冷却手段を制御する制御手段を有したことを特徴とする露光装置。

【請求項 8】 請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の反射光学素子を光学系の少なくとも一部に備えたことを特徴とする露光装置。